

ミルウォーキープロジェクト ——生ごみをエネルギーと堆肥へ



2010 年
3 月

ウェイストキャップ・リソース・ソリューションズ
(WasteCap Resource Solutions, Inc.)
131 WEST SEEBOTH STREET, SUITE 220
MILWAUKEE, WI 53204-4300
電話: +1(414)961-1100 | ファックス: +1(414)961-1105
WWW.WASTECAP.ORG

ミルウォーキープロジェクト

—— 生ごみをエネルギーと堆肥へ

ウィスコンシン州自然資源省 タイプ A プロジェクト
事業系ごみ削減及びリサイクル支援のための非営利組織との契約

目次

章	内容	ページ
I	プロジェクトの背景	2
II	プロジェクトの目的	4
III	プロジェクトの概要	5
IV	プロジェクトによる新しい知見	10
V	結論	15
付録 1	検査結果	18
付録 2	ライフサイクルコスト分析	19
付録 3	ライフサイクルコスト分析の概要	24
付録 4	キニキニックアヴェニュー店システム図	25

I | プロジェクトの背景

生ごみは、腐敗し、悪臭を放ち、ネズミや虫が寄ってくるなど、公衆衛生に多大な悪影響を及ぼす。また、生ごみのために、都市ごみ管理の上で主要なコスト発生源(都市ごみ予算の75~80%に当たる約100ドルトン)¹となっている都市ごみ収集を頻繁に行わなくてはならない。埋立てにはさらに30ドルトンが必要となる。生ごみはまた、埋め立てるとエネルギー値や土壌養分含量が減る一方で、分解過程で温室効果ガスを発生させる。都市ごみから生ごみを取り除くことにより、温室効果ガスの排出・公衆衛生上の問題・都市ごみ収集の回数・都市ごみ管理コストが減り、 Wisconsin の再生可能エネルギーの生産が増え、土壌に養分が供給される可能性がある。

プロジェクト実施主体

ウェイストキャップ・リソース・ソリューションズの生ごみ諮問委員会は、固体廃棄物として自治体で処理している生ごみのための代替策を模索している。同委員会が結論づけたところによると、エネルギーが生産され、また土壌強化残渣が生成される生ごみの嫌気性消化は、生ごみを経済的に事業系発生源から方向転換させ、エネルギー生産や生ごみの有機的・栄養的価値の利用可能性などの環境上のメリットを大いにもたらす可能性がある。

ヴェオリア・ウォーター (Veolia Water) は、ミルウォーキー都市下水道局 (Milwaukee Metropolitan Sewerage District: MMSD) が所有する下水処理施設2カ所の運営請負業者である。サウスショア水再生施設 (South Shore Water Reclamation Facility) には嫌気性消化プロセスの空き容量がある。同社は、この容量のうちいくらかを満たす、施設運営に適合した有機ごみの供給源を探している。ミルウォーキー都市下水道局の嫌気性消化プロセスにおいては、発電機や空気圧縮機に動力を供給する再生可能なエネルギー源として利用されるメタンが生成され、過剰熱が消化槽の一次加熱源としてボイラーで利用される。本プロジェクトの開始時には、嫌気性消化プロセスで生成するミルウォーキー都市下水道局のバイオソリッドの75%が Milorganite® に転換され肥料として売られており、25%が圃場に塗布されていた。しかし、このパイロットプロジェクトの終了時近くには、ミルウォーキー都市下水道局の関心の焦点は、バイオソリッドの全てを Milorganite® (再生肥料の製品名) に転換することに移った。

ミルウォーキー市の3カ所で自然食品店を運営しているアウトポスト・ナチュラルフーズ協同組合 (Outpost Natural Foods Cooperative) は、その組合価値に合致した環境的に持続可能な方法で生ごみを処理したいと考えていた。プロジェクト開始時には、32立法ヤード/週(約24立方メートル/週)の固体廃棄物がアウトポスト・ナチュラルフーズのキニキニックアヴェニュー店から収集されており、その30%が生ごみだった。また、32立法ヤード/週(約24立方メートル/週)の固体廃棄物がキャピトルドライブ店から、24立法ヤード/週(約18立方メートル/週)の固体廃棄物がステートストリート店から収集されており、それぞれ30%が生ごみだった。これらの廃棄物は、スペース、悪臭、健康への影響といった問題のために、週4回の処分が必要となっている。

世界最大のディスポーザーメーカー エマソン社の InSinkErator (イン・シンク・イレーター) は、世界中で数多くの調査研究を実施・入手している。その調査研究により、ディスポーザーが環境に責任を持てるツールであり、ディスポーザーにより生ごみを都市下水処理システムへと運ぶことで埋立処分から方向転換できることが立証されている。

¹ Glysson, E.A. 1990. Chapter 8. "Solid Waste", Standard Handbook of Environmental Engineering, R.A. Corbitt, McGraw-Hill, Inc. p. 8.36.

謝辞

生ごみ諮問委員会は、本プロジェクトをまとめる手助けをしてくださった多くの方々に謝意を表します。以下の方々の支援なくして、本プロジェクトを実現させることはできなかったでしょう。(敬称略)

- ・ ウィスコンシン州自然資源省-シンシア・ムーア(Cynthia Moore)、サラ・マリー(Sarah Murray)―本プロジェクトの実現に不可欠であった財政的支援に感謝して
- ・ アウトポスト・ナチュラルフーズ-エド・センガー(Ed Senger)、トム・ニューペル(Tom Kneuppel)、ボブ・ウィロール(Bob Wiroll)
- ・ ミルウォーキー都市下水道局-ピーター・トプチェウスキ(Peter Topczewski)、アンディ・ウォーロック(Andy Walloch)、エリザベス・ストロイク(Elizabeth Stroik)
- ・ ヴェオリア・エンバイロメンタル・サービス(Veolia Environmental Services)-アラン・ルティネン(Allan Luttinen)、エド・マキ(Ed Maki)
- ・ ミルウォーキー市配管検査官室(Plumbing Inspector's Office)-フォスター・フィンコ(Foster Finco)
- ・ ユナイテッド・ウォーター・ミルウォーキー(United Water Milwaukee LLC)-デニス・ディニー(Dennis Dineen) 専門技術者、マイク・リンク(Mike Link) 専門技術者
- ・ ウェイストキャップ・リソース・ソリューションズ-スーザン・ブキャナン(Susan Buchanan)、ジェナ・クンデ(Jenna Kunde)、アレクシス・ストクセン(Alexis Stoxen)、ロブ・シャーマン(Rob Sherman) 専門技術者
- ・ エマソンエレクトリック社 InSinkErator 事業部-ビル・ストラッツ(Bill Strutz) 専門技術者

寄稿者

今回のパイロットプロジェクト研究をガイドし、その成果を本最終報告書にまとめたウェイストキャップ・リソース・ソリューションズ生ごみ諮問委員会のメンバーは、以下の通りです。(敬称略)

スティーブン・ブラックマン(Steven Brachman) | ウィスコンシン大学固体・有害廃棄物教育センター(エクステンション)

ブラックマン氏は、廃棄物削減・管理スペシャリスト及び上級講師(Distinguished Lecturer)として同大学に勤務。主に担当しているのは、ウィスコンシンの消費者、企業、自治体を対象とした、公害防止、リサイクル、固体・有害廃棄物管理プロジェクトに関する技術的支援や教育プログラムの実施。

キャロル・ディグルマン(Carol Diggelman) 博士、ミルウォーキー工科大学

ディグルマン氏は、建築工学・建築施工学部の教授として同大学に勤務。1998年、ウィスコンシン大学マディソン校博士号取得(環境工学)。指導教官はロバート・ハム(Robert Ham)博士。博士論文の題目は「生ごみ管理の5工学システムにおけるライフサイクル比較(Life Cycle Comparison of Five Engineering Systems for Managing Food Waste)」。同氏の教師としての経験は30年以上にわたる。ミルウォーキー工科大学理学修士課程(環境工学)にて、学生の教育・指導に従事。環境工学の研究活動は固体廃棄物管理の諸分野にわたる(都市ごみ、食品廃棄物、廃棄家電、廃木材)。

マイケル・ギッター(Michael Gitter) 専門技術者、ラシーン市上下水道設備(Racine Water & Wastewater Utilities)

ギッター氏は、運営責任者として同事業体に勤務。ミルウォーキー工科大学理学修士取得(環境工学)。同氏はウィスコンシン州の認定上下水道技師(certified water and wastewater operator)であり、産業及び自治体の下水処理に20年以上の経験を有する。現在同氏は、上下水道施設の運営、システム、プログラム、予算の全体について、コミュニティのニーズや公益事業の目的に合ったかどうか、法的要求事項や各命令・指令に遵守しているかどうかを検討、評価する仕事に従事。また、同氏はウェイストキャップ・リソース・ソリューションズの役員、生ごみ諮問委員会議長でもある。

マイケル・ケレマン(Michael Keleman)、エマソンエレクトリック社 InSinkErator 事業部

ケレマン氏は、研究開発技術部(R&D Engineering Department)先進開発技術グループ(Advanced Development Engineering Group)にて環境エンジニア(Environmental Engineer)として勤務。パデュー大学にて理学士(環境健康科学)を取得した後、ミルウォーキー工科大学での理学修士号(環境工学)取得を目指し研究中。現在は主に、ディスポーザーが下水処理・浄化システム及び生ごみ処理システムに与える影響の技術的分析に関して内部サポートや専門知識を提供したり、研究者と協働して革新的生ごみ浄化技術に携わったりしている。

II | プロジェクトの目的

「生ごみをエネルギーと堆肥へ」プロジェクトの目的は、以下の通りである。

A

有益なリサイクルのために、生ごみを、固体廃棄物の埋立てから嫌気性消化プロセスへ方向転換させること。嫌気性消化プロセスにおいては、メタンが再生可能エネルギー源として利用できる可能性や、残渣を肥料に似た土壌強化製品として利用できる可能性がある。

B

ミルウォーキー都市下水道局に、既存施設の容量を活用するための有機廃棄物を供給すること。これにより施設の再生可能エネルギー生産量増加、Milorganite®産出量増加、経済状況好転が望める。

C

アウトポスト・ナチュラルフーズに、同組合の使命に沿った、より持続可能な生ごみ処理手段を提供すること。

D

ミルウォーキー市全域に展開できる、また州全体の雛型ともなり得る、環境に優しく持続可能でコストパフォーマンスの良い生ごみ処理方法を開発すること。その方法を実施することにより、商業・工業セクターからの生ごみは、エネルギー及び養分の回収を促進し、生ごみ管理業務に関する公衆衛生上の問題を最小限に抑え、生ごみ管理に必要な化石燃料を最小化し、生ごみ管理に必要なプロセス関連の温室効果ガス発生を削減する資源に分類されることになるであろう。

III | プロジェクトの概要

2007年4月、ウェイストキャップ・リソース・ソリューションズの生ごみ諮問委員会は、ミルウォーキーのアウトポスト・ナチュラルフーズで生ごみの分別を行い、ミルウォーキー都市下水局に運搬するパイロットプロジェクトを、ごみのエネルギー回収と埋立てからの方向転換を目指して開始した。このパイロットプロジェクトでは、アウトポストが経営する3店の食料品店のそれぞれが異なる生ごみ管理の方法を用いた。キャピトルドライブ店は、ベースラインシナリオとして、今まで通り、生ごみを固体廃棄物と共に埋立地に運搬した。ステートストリート店は、エマソン社の InSinkErator ディスポーザーを使用し、粉碎された生ごみを衛生下水道システムに排出することによりミルウォーキー都市下水局に送った。[注:本プロジェクトのステートストリート店で実施された部分は、自然資源省のタイプ A プロジェクト契約による資金を受けておらず、InSinkErator 事業部が独自に費用の全額について資金提供を行った。]キニクニックアヴェニュー店は、生ごみ「スラリーシステム」を採用した。同システムは、生ごみを1/2インチ(約1.27cm)未満の粒に粉碎するディスポーザーと、地下の汚水槽内での貯蔵から成る。

A | アウトポスト・ナチュラルフーズ キャピトルドライブ店(100 East Capitol Drive、ミルウォーキー)

この店では、ベースラインシナリオとして、生ごみを固体廃棄物と共に埋立地に運搬することを今まで通り続けた。

B | アウトポスト・ナチュラルフーズ ステートストリート店(7000 West State Street、ウォーワトサ)

この店では、付属の作業台、シンクボウル、ウォーワトサ市の衛生下水道システムに排出するための配管設備を備えた InSinkErator 製 SS300 ディスポーザーを設置していた。全設備と配管・電気工事請負業者による設置のための費用は、自然資源省の契約でなく、InSinkErator 事業部からの資金により賄われている。同省がこのプロジェクト段階に資金提供を行わなかったのは、生ごみが廃棄されることにより取付管内や下水主管内でグリースの問題が発生する可能性があるという、当初の懸念によるものであった。下水道システムへの影響を見積もるため、ミルウォーキー都市下水局は、民間の請負業者であるビジュ・スーワ社 (Visu-Sewer) がディスポーザー設置前に地域の衛生下水道システムの映像をテレビ画面に映し出し、プロジェクト前のベースライン状態が明らかになるよう手配した。このビデオ撮影は2007年9月に実施された。さらに、生ごみ諮問委員会は、ディスポーザーシステムが設置された2008年7月に、取付管のビデオ撮影を実施した。またその時、アウトポストの従業員も、ディスポーザーの適切な操作方法(グリースの適切な管理方法を含む)について、生ごみ諮問委員会から訓練を受けた。ディスポーザーを使用する生ごみ粉碎は、2008年9月に開始された。

生ごみを下水道に流すために使用された水の量を記録するよう、水量計がディスポーザーの給水管に設置され、ディスポーザーの運転時間を記録するよう、運転時間計も設置された。運転時間を知ることで、ディスポーザーの電気使用量を見積もることができる。これらの計測機器は、今回のパイロットプロジェクトの期間を通じ、一貫して生ごみ諮問委員会により記録された。

ミルウォーキー都市下水局職員は、1カ月に約2回、アウトポストの下水道マンホールからのコンポジットサンプリングを行った。このサンプルは、ミルウォーキー都市下水局の認定を受けた実験室により、重金属(ヒ素、カドミウム、クロム、銅、鉄、鉛、水銀、モリブデン、ニッケル、セレン、亜鉛)、FOG(油脂及びグリース)、BOD(生物化学的酸素要求量)、TSS(全浮遊物質)、TKN(総ケルダール窒素)、TP(総リン)について分析された。このサンプリングは、2008年10月6日に開始された。BOD、TSS、TKNを除く全項目についてのサンプリングは、懸案となっている他の汚染物質に関して10回にわたるサンプリングで相当なレベルの値が見られなかった結果を受け、2009年3月4日に停止された。

C | アウトポスト・ナチュラルフーズ キニキニックアヴェニュー店(2826 South Kinnickinnic Avenue、ベイビュー)

この店では、付属の作業台、シンクボウル、地下の汚水槽に排出するための配管設備と共にエマソン InSinkErator 製 SS300 ディスポーザーを設置していた。この汚水槽は 2 槽式である(3,500 ガロンの固形分室と、1,250 ガロンの水室)。水の重力排出がこの店においては物理的に不可能であるため、水をこのシステムから排出し衛生下水道に流すため、1 馬力の水中ポンプが設置された。また、この汚水槽は、キャリア水がシステム内を流れ下水道に排出されるようにする一方で食品固形物を回収するため、Zabel®の 1/64 インチ粗濾過機及び警報システムを備えており、それによって汚水槽に内容物が厚く貯まる仕組みとなっている。汚水槽が一杯になると(その時には汚水槽濾過機警報器が信号を送る)、ヴェオリア・エンパイロメンタル・サービスが汚水槽の内容物を汲み上げ、嫌気性消化槽に直接流入させるためミルウォーキー都市下水道局へ運搬した。嫌気性消化槽で行われる廃棄物の生物分解は、粒子の細かさにより促進される。廃棄物は、分解される時にガス(主にメタン)に転換されるが、これを再生可能エネルギー源として利用できる可能性がある。



キニキニックアヴェニュー店に設置されたディスポーザー

生ごみ諮問委員会は、原寸のシステムを設置する前に、実験室規模(原寸の 1/10)でのシステムの試験段階を、2007 年 6 月に実施した。この実験室規模システムは、毎日(月曜日から金曜日まで)アウトポスト・ナチュラルフーズから収集された生ごみを粉碎する、業務用のエマソン InSinkErator 製 SS150 ディスポーザーから成るものであった。生ごみはディスポーザーを通過する間に粉碎され、100 ガロンのポリエチレン製貯蔵槽(汚水槽を模したもの)へ排出された。この貯蔵槽は、固形分の大部分を保持するための 2 枚のパッフルと、着脱可能な蓋とを備えていた。Zabel®の 1/64 インチ粗濾過機は、サイズの制約のため、貯蔵槽の導管に外部から接続された。この粗濾過機は、固形分を回収してシステム内を通り過ぎないようにさせるためのもので、音声制御警報器が装着されており、手動で濾過機の清掃を行う必要がある場合には警報を発する。この粗濾過機を通過して流れる水は、50 ガロンの室である第 2 槽に集められた。

この槽もまたパッフル付きであり、水中ポンプを収容していた。このポンプは、ディスポーザーの運転時には電磁弁で駆動され、ディスポーザーの入口に水を戻すものであった。戻り配管は、孔径が(1 μm まで)減少する3枚のバグフィルターを備えており、殺菌処理されている。それぞれ単独で運転することも、連携させる形で運転することも可能な10ガロン/分のオゾンユニット(ユニット/注入/空気乾燥機)と12ガロン/分の紫外線ユニットを含む、2つの殺菌装置が設置されていた。水量計・圧力計・サンプルポートが、試験データを提供するため熟考され配置されていた。実施された試験は、蒸発残留物(total solid:TS)、pH、酸化還元電位(oxidation reduction potential:ORP)、濁度、好氣的従属栄養細菌(heterotrophic aerobic bacteria:HAB)、大腸菌群などに関してであった。酸化還元電位と pH によって貯蔵槽内の腐敗状態の進み方を測定でき、蒸発残留物データによりシステム内に送り込まれる固形分と処理のために槽から運搬される固形分の内容が明らかになり、濁度・好氣的従属栄養細菌・大腸菌データにより返流水の水質が判明することになる。



ウィスコンシン州ラシーン市の InSinkErator に設置された実験室規模のスラリーシステム

2007年7月に収集されたサンプルの22,300 mg/L TSS(2.2%が固形分)、7,720 mg/L BOD、61.4 mg/L FOG という結果が示すように、この実験室規模システムは、生ごみの固形分を分離し大きな固形分をディスポーザーからの排出物から選り分ける上ではよく機能した。しかし、バグフィルター/紫外線殺菌方式によるキッチン設定においては、再利用水の水質は不十分であった(1 ミクロン未満の浮遊粒子と、濾過機から浸出する溶存有機物質のために、臭気と病原菌の値が高かった)。返流水において検出された濁度は、約300 NTU、2000 mg/L より高いBOD、高い細菌レベル(好氣的従属栄養細菌が16,000,000 CFU)であった。このデータを得て、実験室規模システムは2007年11月に終了した。水1ガロン当たり生ごみ約2ポンド(約907g)の、この実験室規模システムでの槽内の固形分濃度であれば、実際のシステムでもポンプ圧送が持続的に可能あり、機能する見込みであると考えられる。

実験室試験の結果から、原寸システムは水の再利用をしないよう設計された。その代わりに、生ごみを下水道に流す水の使用量を減らすため、InSinkErator 製 Aqua-Saver®水制御ユニットがディスポージャーの給水管に設置された。Aqua-Saver®は、水流を所定の流量(1 ガロン/分又は 3 ガロン/分)に制限し、ディスポージャーを使用していない時は、設定時間が経過した後、水流を完全に止める。生ごみを下水道に流すために使用された水の量を記録するよう、水量計がディスポージャーの給水管に設置され、ディスポージャーの運転時間を記録するよう、運転時間計も設置された。運転時間を知ることにより、ディスポージャーの電気使用量を見積もることができる。これらの計測機器は、今回のパイロットプロジェクトの期間を通じ、一貫して生ごみ諮問委員会により記録された。

原寸システムの設計は、アウトポスト・ナチュラルフーズのキニキニックアヴェニュー店の既存配管構造のために複雑となっていた。この要因に加え、冬が近づいていたこともあって、原寸スラリーシステムの設置は 2008 年の春まで延期された。ミルウォーキー都市下水局の契約運営業者が 2008 年 2 月にユナイテッド・ウォーターからヴェオリア・ウォーターに変更され、パイロットプロジェクトに新たなプロジェクトパートナーが加わったため、さらなる遅延が発生した。新規及び既存の全プロジェクトパートナーの参加を承認するため、2008 年 9 月、覚書に署名がなされた。この覚書に基づき、支援を表明する書面が全ての関係当事者に発行された。この支援には、このプロジェクトに関する分析費用をミルウォーキー都市下水局が請求しないことと、ヴェオリア・ウォーターが廃棄物処理料を請求しないこと、同社がヴェオリア・エンバイロメンタル・サービスに対し 1 年間のプロジェクト期間における運搬料を払い戻すことが含まれる。また、ミルウォーキー都市下水局は、全分析データをまとめて生ごみ諮問委員会へ評価のために提供することとした。このように、このプロジェクトは、InSinkErator からのディスポージャー及び Aqua-Saver®の寄贈など比類のないパートナー支援を受けた。競争入札を経てラジーナ・プラミング (Lagina Plumbing) が建設したスラリーシステムは、2008 年 9 月に完成した。



キニキニックアヴェニュー店でのスラリー槽の設置

ミルウォーキー都市下水道局職員は、槽の内容物が汲み上げられミルウォーキー都市下水道局に運搬される度に、スラリータンクの固形分室と水室からのコンポジットサンプリングを行った。運搬は、当初 3~4 週間毎に行われる予定であったが、プロジェクトが進むにつれ、約 8 週間毎に間隔が延ばされた。このサンプルは、ミルウォーキー都市下水道局の認定を受けた実験室により、重金属(ヒ素、カドミウム、クロム、銅、鉄、鉛、水銀、モリブデン、ニッケル、セレン、亜鉛)、FOG(油脂及びグリース)、BOD(生物化学的酸素要求量)、TSS(全浮遊物質)、TKN(総ケルダール窒素)、TP(総リン)について分析された。このサンプリング及び槽からの最初の運搬は、2008 年 10 月 3 日に開始された。BOD、TSS、TKN を除く全項目についてのサンプリングは、懸案となっている他の汚染物質に関して 4 回のサンプリングのあと、相当なレベルの値が見られなかった結果を受け、2009 年 3 月 2 日に停止された。



スラリー槽の汚水を収集するミルウォーキー都市下水道局サンプリング担当者

IV | プロジェクトによる新しい知見

A | アウトポスト・ナチュラルフーズ キャピトルドライブ店(100 East Capitol Drive、ミルウォーキー)

この店では、ベースラインシナリオとして、生ごみを固体廃棄物と共に埋立地に運搬することを今まで通り続けた。現在この店では、プロジェクト開始時と同じく、約 10 立方ヤード/週(約 8 立方メートル/週)の生ごみ(総固体廃棄物の 30%)が発生している。パイロットプロジェクトにおいて、この廃棄物は、引き続きダンプスターに入れられ、埋立地に運搬された(週 4 回)。ディスポーザーの設置前には、この店の固体廃棄物は週 4 回収集され、その総量は約 32 立方ヤード/週(約 24 立方メートル/週)であった。1 年間のパイロットプロジェクトの結果、この店の固体廃棄物の収集状況に変化はなかった。

利点:

固体廃棄物として処理する利点は、便利であることと、方法が既に確立されていることである。

欠点:

生ごみを固体廃棄物として処理する欠点は、今回のパイロットプロジェクトで用いた 3 つのシナリオの内では最も高くなると予想されることである(運搬の頻度が最も高い)。また、発生源と移送において身体を使つての廃棄物の処理が必要となるため、人件費においても全シナリオ中最も高くなると予想される。この店はまた、廃棄物に関連した貯蔵スペースと悪臭の問題にも悩まされると予想される。廃棄物は再生可能にもかかわらず、埋立地のスペースが使われ続けるであろうし、廃棄物のエネルギー値や養分含量は実質的に失われる。埋立地で残渣から出る浸出液と温室効果ガスもまた、トラックにより発生する温室効果ガス及び必要燃料と同様、環境に悪影響を与える。最後に、覆土が行われる前にメタンが埋立地から放出されるため、廃棄物のエネルギー値は低下している。

B | アウトポスト・ナチュラルフーズ ステートストリート店(7000 West State Street、ウォーワトサ)

ディスポーザーは、生ごみを粉碎して衛生下水道へ排出し、生物学的処理のためにミルウォーキー都市下水道局へ送る上で、よく機能した。現在この店では、プロジェクト開始時と同じく、約 7.2 立方ヤード/週(約 5.5 立方メートル/週)の生ごみが発生している。この店は排出管の詰まりに関していくつかの問題を経験したが、こうした問題は、導管の直径を 3 インチ(約 7.6 cm)とすべきところを 2 インチ(約 5.1 cm)としてしまったために起こったものであった。そこで、生ごみ諮問委員会は、粉碎中の水量を 3 ガロン/分から 7 ガロン/分に増やすよう手順を変更し、また多量の生ごみを一度に粉碎しないよう指示した。アウトポスト・ナチュラルフーズの職員は多量の生ごみを一度にディスポーザーに投入する傾向があり、ディスポーザーがより効率的に排出管をきれいにし廃棄物を運ぶことができるよう、投入間隔を空けるための特別な訓練が必要であった。このような変更により、状況は改善したように思われる。

水使用:

水使用量の平均は約 181 ガロン/日、その費用は 180 ドル/年であった。ディスポーザーの運転時間は平均 23 分/日、電気料に換算すると 59 ドル/年であった。1 日平均約 800 ポンド(約 363 kg)の生ごみがディスポーザーを通過して粉碎され、この粉碎は毎日 30~45 分間隔で行われていた。この店の全汚水排出のサンプリングデータ(付録 1 に示す)の結果は、1 年間のパイロットプロジェクト全体の平均で 45 mg/L FOG、562 mg/L BOD、328 mg/L TSS であった。これらの値は、ミルウォーキー都市下水道局の正常生活濃度汚水(normal domestic strength waste)の 310 mg/L BOD、370 mg/L TSS という値をわずかに上回っているだけである。従って、粉碎された生ごみはこの食料品店からの排出汚水の性質をあまり変えなかったと言える。それに加え、グリースが下水道の運搬力の点で問題を発生させたというような状況は観察されなかった。生ごみ諮問委員会は、パイロットプロジェクト終了時に下水主管をビデオ撮影することを計画していた。しかし、プロジェクト実施前のビデオ撮影時にミルウォーキー都市下水道局が下水主管内部に問題点を見つけられなかったこと、プロジェクト期間を通してミルウォーキー都市下水道局職員が週に一度下水主管を目視で検査し、その際生ごみの堆積の形跡を発見できなかったこと、そしてステートストリート地区の下水道詰まりに関してウォーワトサ市からミルウォーキー都市下水道局に下水道関係の苦情が来ていないことから、プロジェクト終了時のビデオ撮影は行われなかった。また、約 120 フィート(約 37 m)までの取付管のビデオ撮影においても、管内に明らかな堆積物は見つからなかった。



ステートストリート店でのディスポーザーの設置

固体廃棄物の廃棄量が減り、かつ下水道管に問題が発生した形跡がないため、プロジェクト終了後も引き続き、生ごみ処理においてディスポーザーが用いられている。ディスポーザー設置以前には、この店の固体廃棄物は週 4 回収され、その総量は 24 立法ヤード/週(約 18 立方メートル/週)であった。ディスポーザー設置後は、この店の固体廃棄物収集は週 3 回になり、その総量も 18 立法ヤード/週(約 14 立方メートル/週)に減った。

利点:

ディスポーザーを通した生ごみの下水道への直接廃棄の利点は、ミルウォーキー都市下水道局における再生可能エネルギー値にもたらす効果と、Milorganite®バイオソリッド製品内の有機物値と養分含量の上昇である。他にも、ディスポーザーに投入する以外に廃棄物を処理又は貯蔵する必要がないため、人員が不要であるという利点がある。また、輸送も不要であり、従って運搬費も掛からない。廃棄物が現場から直ちに取去られるため、健康及び悪臭の問題もなくなる。

欠点:

ディスポーザーを通した生ごみの下水道への直接廃棄の欠点は、廃棄物がミルウォーキー都市下水道局の処理施設の全プロセスを通過しなければならず、そのために全体の処理費用が増える可能性があることである。[しかし、このことはまた、化学的炭素源を求めなくても、多くの炭素が生物学的栄養塩除去プロセスに寄与すると考えられるため、利点ともなり得る。]他の欠点としては、キャリア水を必要とするため、キャリア水関連費用が発生することが挙げられる。また、アウトポストからの廃棄物は主に野菜と果物でありグリース由来のものではないのだが、グリースの生成により下水道の維持作業が増える可能性がある。廃棄物がミルウォーキー都市下水道局の処理施設の全プロセスを通過するため、直接消化槽に送り出すスラリー処理に比べ、嫌気性消化槽内で生成されるメタンエネルギーが少なくなると考えられ、また全体の処理費用も高額になることが予想される。また、ディスポーザーの資本費用と設置費用も必要となる。最後の点は、通常的生活汚水の値を超える従来の汚染物質の超過排出分に、ミルウォーキー都市下水道局が「追加料金」を課さないことである。

自治体の下水道施設の中には、BOD、TSS、リン等の汚染物質の超過排出分に対し追加料金を課すところもあるが、生ごみがこれらの汚染物質の増加原因となる可能性がある。

C | アウトポスト・ナチュラルフーズ キニキニックアヴェニュー店(2826 South Kinnickinnic Avenue、ベイビュー)

ディスポーザーは、生ごみを粉碎してスラリー槽へ排出し、生物学的処理のためにミルウォーキー都市下水道局へ運搬する上で、よく機能した。現在この店では、プロジェクト開始時と同じく、約 12 立方ヤード/週(約 9 立方メートル/週)の生ごみが発生している。この店は排出管の詰まりに関していくつかの問題を経験したが、こうした問題は、導管の直径を 3 インチ(約 7.6 cm)とすべきところを 2 インチ(約 5.1 cm)としてしまったために起こったものであった。そこで、生ごみ諮問委員会は、粉碎中の水量を 3 ガロン/分から 7 ガロン/分に増やすよう手順を変更し、また多量の生ごみを一度に粉碎しないよう指示した。さらに、職員は多量の生ごみを一度にディスポーザーに投入する傾向があり、ディスポーザーがより効率的に排出管をきれいにし廃棄物を運ぶことができるよう、投入間隔を空けるための特別な訓練が必要であった。これらの知見は、将来設置する際、設計に役立つと思われる。

水量を増加させることにより固体廃棄物の通りが良くなったにもかかわらず、粉碎された生ごみは、スラリー槽の入口部分で凝固する傾向があった。スラリー槽の内容物の運搬(3,500 ガロン)は、2008 年 10 月 3 日、同年 11 月 14 日、同年 12 月 18 日、2009 年 1 月 27 日、同年 3 月 26 日、同年 5 月 29 日、同年 7 月 24 日、同年 10 月 9 日の計 8 回行われた。当初は槽の汲み上げを 1 カ月程度の間隔で行う予定であったが、槽の蒸発残留分が約 0.6%、最高値でも最後の運搬時に 0.96%であったため、間隔が 2 カ月に延ばされた。ミルウォーキー都市下水道局は、消化槽に投入する有機廃棄物の固形分は 5%程度が望ましいとしている。嫌気性消化には高濃度の廃棄物が適しており、そうすれば過剰な水で消化槽を加熱するためのエネルギーを浪費することなく、有機廃棄物のために処理容量を取っておくことができる。スラリー処理による廃棄物の濃度が低かったため、ミルウォーキー都市下水道局及び生ごみ諮問委員会は、最も優れた廃棄物処理方法はディスポーザーを通しての下水道への直接廃棄であると結論づけた。



入口付近に廃棄物が集中的に堆積したスラリー槽のマンホール

実験室規模のスラリーシステムでは、再利用水を調理場で用いるには水質が低すぎることが分かった。再利用水の水質改善のために代替りの濾過システムを検討した生ごみ諮問委員会は、セラミック膜(ナノ濾過)が生ごみによく適合することを発見した。

しかし、これらのシステムは、施設が厳しい給水規制の影響を受けた場合を除き、費用(30,000~50,000ドル)が高過ぎるために廃棄物処理計画の中で用いることができない。平均して1ガロン当たり0.5~1セントの上下水道料金を基に回収期間を算出すると、中・大規模のフードサービス施設では10~30年になると考えられる。従って、使用した水は下水道へ流すことが最も経済的な解決法であった。

水使用:

水使用量の平均は約159ガロン/日、その費用は104ドル/年であった。ディスポーザーの運転時間は平均20分/日、電気料に換算すると59ドル/年であった。ディスポーザーとスラリー槽の使用により、この店で発生する生ごみが1日当たりコンテナ6~7個分から1個分に減った(約85%の削減)ので、アウトポストは非常に喜んだ。1日平均約1,058ポンド(約480kg)の生ごみがディスポーザーを通して粉碎され、この粉碎は毎日30~45分間隔で行われていた。固形分室のサンプリングデータ(付録1に示す)の結果は、1年間のパイロットプロジェクト全体の平均で39 mg/L FOG、6,550 mg/L BOD、6,100 mg/L TSS、7,967 mg/L TSであった。槽内の攪拌が行われなかったため、代表試料を得るのが非常に難しかった。しかし、後の方の試料では、廃棄物を槽から吸い出し、槽へ戻すという攪拌法が用いられたことにより、代表試料を得る困難がなくなった。従って、BODとTSSのデータは、最後の4つの試料のみ(最も代表的)の平均である。流水室のサンプリングデータ(付録1に示す)の結果は、1年間のパイロットプロジェクト全体の平均で5.3 mg/L FOG、2,257 mg/L BOD、80 mg/L TSSであった。このように、固形分の約98%が槽内に残った一方で、BOD(多くの場合溶解している)の約34%が槽から衛生下水道へと流れていった。廃棄物の流れ全体(主に野菜廃棄物と果物廃棄物)のグリース水準がかなり低かったとはいえ、スラリー槽から出るFOGは予想通り非常に少なかった。



スラリー槽からの汲み上げを行うヴェオリア・エンバイロメンタル・サービス

実験室の分析は、生ごみのスラリーがミルウォーキー都市下水局の下水処理施設によって問題なく受け入れられ処理されたことを示唆している。しかし、槽内の廃棄物の濃度は非常に低かった(蒸発残留物約0.6%)。システムを使用して初めて、2つの室のシンクもスラリー槽へ配管されているために槽への水圧荷重が意図したよりも高かったことが、現地観察によって明らかになった。そのため、槽は生ごみを満載しておらず、もっと多くの生ごみを受け入れることができた。

負荷を増やすことにより、プロジェクトで当初想定していた通り、運搬の頻度を8週間置きから3週間置き程度にまで上げることができらう。廃棄物を地下に数週間貯蔵している間、悪臭は問題とならなかったが、汲み上げのため槽の蓋を開けると、かなり酷い悪臭がした。

固体廃棄物の廃棄量が減り、かつ下水道管に問題が発生した形跡がないため、プロジェクト終了後も引き続き、生ごみ処理においてディスポーザーが用いられている。ディスポーザー設置前には、この店の固体廃棄物は週4回収集され、その総量は32立法ヤード/週(約24立方メートル/週)であった。ディスポーザー設置後は、この店の固体廃棄物収集は週2回になり、その総量も16立法ヤード/週(約12立方メートル/週)に減った。キニクニックアヴェニュー店における固体廃棄物の処理費用が他の2店よりも高いという結果が出ているが、これは、キニクニックアヴェニュー店が他店と異なる運搬業者を頼む必要があるため、アウトポスト・ナチュラルフーズが割増料金を支払っていることが原因である。同じサイズのダンプスターを使用しているキャピトルドライブ店と比べると、運搬1回毎に8.25ドルの上乗せとなっている。

利点:

スラリー槽から吸い上げて運搬する生ごみ処理方法の利点は、ミルウォーキー都市下水道局における再生可能エネルギー値にもたらす効果と、バイオソリッド内の有機物値と養分含量である。また、スラリー槽の内容物は4~8週間に1度(固体廃棄物の場合は1週に4度)運搬されるため、固体廃棄物の輸送に比べ、輸送費も減少すると予想される。システムが完全に閉じているため、健康及び悪臭の問題も最小化すると予想される。消化槽に直接投入することで、廃棄物の濃度は嫌気性消化に適した高い濃度となり、廃棄物のメタンの値は最大となる。このシステムはまた、生ごみの分別における主要な問題を解決するため、今後建設されるかもしれない代替的な有機処理施設における処理にも適用可能である。アウトポスト・ナチュラルフーズの職員が廃棄物の分別に注意を払っていたにもかかわらず、同協同組合から受け入れた固体廃棄物にプラスチック、ワイヤタイ、木片が含まれていたということが、実験室段階で指摘された。分別の不徹底と高い輸送費は、生ごみ固形物のコンポスト化における主要な障害となる。スラリー廃棄物の濃度を(固形分約2~5%)に高めることは、このシステムを下水処理施設への直接廃棄に適したものにする上での課題である。

欠点:

このシステムの欠点は、ディスポーザー及び槽の設置に関する資本費用であり、またシステムの状態を保つための維持費も必要となる。さらに、廃棄物が消化槽に直接送られるため、紙やその他の廃棄物片もまた消化槽に直接入ることになる。このことは、紙廃棄物が食品廃棄物ほどには速く分解しないため、またそれゆえ滞留時間が短過ぎる場合には廃棄物の一部が分解されない可能性があるため、問題となるかもしれない。[注:プラスチック、金属又はガラスの廃棄物は全く分解しないので別にしなければならず、従ってディスポーザーの使用は、無理のない発生源分別の手段となる。]また、第2水室を有する1基の槽であれば資本費用がもっと低いはずのところ、キニクニックアヴェニュー店は物理的立地のために浄化槽を2基設置しなければならなかったということにも留意しなければならない。

V | 結論

今回のパイロットプロジェクトから得られたデータを当初の「プロジェクトの目的」(第 II 章)に照らして分析すると、肯定的な結論を多く得ることができる。このプロジェクトの 10 年ライフサイクルコストは付録 2 に示す。結論は、第 II 章に記載したそれぞれの「目的」の下に示す。

A | 有益なリサイクルのために、生ごみを、固体廃棄物の埋立てから嫌気性消化プロセスへ方向転換させること。嫌気性消化プロセスにおいては、メタンが再生可能エネルギー源として利用できる可能性や、残渣を肥料に似た土壌強化製品として利用できる可能性がある。

結論:

この目的は、2 つのシナリオ、すなわちディスポーザーから下水道への排出というシナリオと、ディスポーザーからスラリー槽へ排出しさらにミルウォーキー都市下水道局へ運搬するというシナリオにおいて達成された。生ごみが急速に、最終覆土より前に分解するため、埋立地への廃棄からは再生可能エネルギー利用のためのメタン回収はほとんどできず、できたとしてもわずかである。それどころか、メタンが大気中に放出され、温室効果ガスとなる。メタンガスは二酸化炭素の 21 倍の温室効果を有することで知られている。その上、生ごみを埋め立てると養分を土壌強化剤として利用することができない。その一方で、自治体が運営する現代の下水処理施設の多くは、嫌気性消化ガスのメタン成分を利用するための十分な設備を備えており、また肥料製品の生産や農地への直接塗布を通じ養分を土壌内でリサイクルさせている。ミルウォーキー都市下水道局が生産している肥料に似た製品「Milorganite®」は市販されている。

B | ミルウォーキー都市下水道局に、既存施設の能力不足を埋め合わせるための有機廃棄物を供給すること。これにより施設の再生可能エネルギー生産量増加、Milorganite®産出量増加、経済状況好転が望める。

結論:

上述したように、代替的な 2 つのシナリオは双方共に、生ごみを埋立てからミルウォーキー都市下水道局の下水処理プロセスへ方向転換させる上で役立った。商業セクターでは、ウィスコンシンの埋立てに占める各種類の廃棄物の割合(重量による)において、生ごみが 2 番目に高い。Wisconsin Statewide Waste Characterization Study(「ウィスコンシン州全域における廃棄物特性研究」)のデータでは、ウィスコンシン州南東部の施設/商業/工業セクター(institutional/commercial/industrial: ICI)から排出され埋め立てられた廃棄物において、生ごみの 95,241 トン/年(2001 年)という値が、2 番目に高くなっている²。また、都市ごみに属する他の種類の廃棄物、例えば紙に生ごみの汁が吸収されたかもしれないので、上の数字は控えめなものと考えられる。ミルウォーキー都市下水道局(Milwaukee Metropolitan Sewerage District: MMSD)は、110 万人が住む 420 平方マイル(約 1,088km²)を管轄区域とし、ウィスコンシン州南東部の総人口(2,045,554 人)の約 54%にサービスを提供している³。生ごみ発生量が人口に比例すると仮定すると、この管轄区域の施設/商業/工業セクターにおける年間の生ごみ発生量の内、埋め立てられたもの(すなわち埋立処分から方向転換される可能性のあったもの)は 51,430 トン/年となる(0.54 × 95,241 トン/年)。

この研究が明らかにしているように、生ごみは約 30%が乾燥固形物であり、その 95%は分解可能である。従って、ミルウォーキー都市下水道局の管轄区域では、14,657 トン/年の分解性生ごみ固形物を施設/商業/工業セクターの発生源から入手できる(51,430 トン/年 × 0.3 × 0.95)。分解性生ごみ固形物は、メタンを生成するよう嫌気性消化されることができる。消化された固形物の COD(化学的酸素要求量)1 kg から 14 標準立法フィート近くのメタンガスが生成されるので、乾燥生ごみ 14,657 トン/年が年間 100 万ドル近い価値のあるガスエネルギー約 1,417,000 サーム/年を生成することが予想される⁴。付録 2 に示すように、発生バイオガスの 10 年ライフサイクルバリューは、ステートストリート店(下水道に直接廃棄)で 35.80 ドル/トン、キニクニックアヴェニュー店(スラリー運搬廃棄)で 54.28 ドル/トンである。直接運搬し嫌気性消化槽に投入する方式では、下水道廃棄プロセスよりも高レベルのメタンを生成する可能性がある。なぜなら、収集システムや下水処理システムを通過する間に、有機物が失われるからである。さらに、スラリー方式は、浄化槽に生ごみを貯蔵することにより有機廃棄物の最初の分解(加水分解)が促進されたことを示している。また、これによって全体の消化時間が短くなる可能性がある。さらに、これら 2 つの廃棄物処理方法の両方共、再生可能エネルギーの生産量が埋立てに比べてかなり多い。直接嫌気性消化のために蒸発残留物含有量の高い最終廃棄物を生産できるスラリー運搬方式を開発することが、生ごみ諮問委員会にとっての課題になると考えられる。

2 <http://dnr.wi.gov/org/aw/wm/publications/recycle/wrws-finalrpt.pdf> Page B-33

3 <http://www.census.gov/popest/counties/tables/CO-EST2004-01-55.xls>

4 ユナイテッド・ウォーター・サービス(United Water Services)のデニス・ディニン(Dennis Dineen)からの電子メール、2006 年 7 月 19 日付

C | アウトポスト・ナチュラルフーズに、同組合の使命に沿った、より持続可能な生ごみ処理手段を提供すること。

結論:

代替的な 2 つのシナリオは双方共に、埋立てからの転換を実行しているため、この目的は達成されたことになる。ステートストリート店及びキニクニックアヴェニュー店では、約 85% の生ごみについて固体廃棄物処理からの転換に成功した。この事実は、廃棄物ダンプスターへ廃棄される生ごみが 1 日当たりダンプスター約 7 個分から 1 個分に減少したことから明らかになった。加えて、全体の固体廃棄物量は、ステートストリート店で 24 立法ヤード/週 (約 18 立方メートル/週) から 18 立法ヤード/週 (約 14 立方メートル/週) へ、キニクニックアヴェニュー店で 32 立法ヤード/週 (約 24 立方メートル/週) から 16 立法ヤード/週 (約 12 立方メートル/週) へ、それぞれ減少した。さらに、アウトポスト・ナチュラルフーズの職員は、ごみをダンプスターに運ぶことよりもデスポーザーを操作することの方を好んでいたことも分かった。

D | ミルウォーキー市全域で展開できる、また州全体の雛型ともなり得る、環境に優しく持続可能でコストパフォーマンスの良い生ごみ処理方法を開発すること。その方法を実施することにより、商業・工業セクターからの生ごみは、エネルギー及び養分の回収を促進し、生ごみ管理業務に関する公衆衛生上の問題を最小限に抑え、生ごみ管理に必要な化石燃料を最小化し、生ごみ管理に必要なプロセス関連の温室効果ガス発生を削減する資源に分類されることになるであろう。

結論:

このプロジェクトの 10 年ライフサイクルコスト分析の概要 (下の表 1 に示す) には、このプロジェクトが経済的・環境的影響の点で成功を収めたことが、はっきりと示されている。デスポーザー下水道排出方式のシナリオと、デスポーザースラリー運搬方式のシナリオは両方共、生ごみ埋立方式のシナリオに比べ正味現在価値 (Net Present Value: NPV) コストが低くなった。埋立方式では正味現在価値コストが 42.83 ドルトンとなり、次はスラリー運搬方式で 40.68 ドルトン、デスポーザー下水道方式が最も良い成績で、38.64 ドルトンの正味現在価値コストであった。埋立方式に比べ、資本回収期間はスラリー運搬方式で 6.6 年、デスポーザー下水道方式で 1.3 年となった。しかし、ミルウォーキー都市下水局におけるバイオガスの価値を考慮すれば、デスポーザー下水道方式の正味現在価値コストが 2.84 ドルトン、スラリー運搬方式の正味現在価値コストが -13.61 ドルトンまで下がり、スラリー運搬方式が他を大きく引き離して最も良い選択肢となる。これは、生ごみを直接嫌気性消化槽に投入することによりメタンの生成が増えたことによる。それに対し、下水道に廃棄する方法では、廃棄物がいくらか下水道システムの中で失われてしまったり、ミルウォーキー都市下水局の消化槽以外の処理プロセスに吸収されていったりするため、有機物含量が低下する。最後に、温室効果ガスに関しては、下水道に廃棄する方式やスラリー運搬方式 (両方式共、生ごみ 1 ポンド当たり 0.02 ポンド [CO² 換算] の温室効果ガスが発生) よりもかなり多くの温室効果ガスが、埋立方式 (生ごみ 1 ポンド当たり 1.69 ポンド [CO² 換算] の温室効果ガス) において発生することが分かった。

表 1: 10 年ライフサイクルコスト分析の概要

ウェイトキャップ・リソース・ソリューションズ・プロジェクトの概要 タイプ A プロジェクト-「生ごみをエネルギーと堆肥へ」											
デスポーザーの 10 年ライフサイクルコスト比較											
バイオガスを含まず								バイオガスを含む			
総量 (トン)	埋立て (トン)	埋立以外 (トン)	10 年正味現在 価値コスト (ドル)	10 年正味現在 価値コスト (ドル/トン)	資本費用 (ドル)	回収期間 (年)	温室効果ガス 1 (ポンド[CO2 換算] ポンド)	総バイオガス (ドル)	総バイオガス (ドル/トン)	10 年正味現在 価値コスト (ドル/トン)	
シナリオ 1 (埋立地へ)	2,323.2	2,323.2	0.0	\$99,494	\$42.83	\$0	NA	1.69	\$0	\$0.00	\$42.83
シナリオ 2 (下水道へ)	1,782.3	267.3	1,514.9	\$68,867	\$38.64	\$9,512	1.3	0.02	\$63,802	\$35.80	\$2.84
シナリオ 3 (スラリー槽へ)	2,487.1	373.1	2,114.0	\$101,166	\$40.68	\$35,243	6.6	0.02	\$135,008	\$54.28	-\$13.61

1 Skubal, Nicole L. November 2008. "Evaluating Greenhouse Gas Emissions During Commercial Food Waste Disposal." Milwaukee School of Engineering Capstone Project

アウトポスト・ナチュラルフーズは、プロジェクトの終了後も、ステートストリート店・キニキニックアヴェニュー店の両店でデスポーザーの運転を続けた。キニキニックアヴェニュー店では、廃棄物の濃度が薄く、ミルウォーキー都市下水局の嫌気性消化槽への直接投入には適さなかったため、下水道へ再配管され、スラリー槽は撤去された。しかし、バイオガス生産量の多さを考えるとスラリー運搬シナリオを未だ可能性のある選択肢としている。水使用量を減らし、水が衛生下水道へ流れていくシステムでないようにするなら、このシナリオのシステムは改善されるかもしれない。代わりに、最小限の水流が粉碎された生ごみを貯蔵槽へ運ぶようにし、水が通り過ぎない状態で貯蔵槽が一杯になった時に汲み上げられるようにしたい。この方法であれば、資本費用はかなり抑えられ、水使用量も減り、デスポーザーを発生源分別の手段として利用でき、スラリーの固形物含有量を増やせるかもしれない。また廃棄物を消化槽に直接投入することによって多くの再生可能エネルギーが得られるかもしれない。さらに、バイオガスの値が上で言及した通りかなり上昇したら、ミルウォーキー都市下水局には、スラリー設備の資本費用全体の一部を埋め合わせるために奨励金の支給を検討してほしいという要望が寄せられるかもしれない。

事業系生ごみの処理において業務用デスポーザーは、環境へのメリットが大きくコストパフォーマンスも良いこと、また見込みのある政策や実用的意義が多く存在することが、今回のプロジェクトで証明されたように思われる。デスポーザーは、生ごみを埋立てから方向転換させるための、家庭・戸別コンポストに対する補完代替案であると考えられるかもしれない。責任ある企業は業務用デスポーザーを設置するかもしれない。ウイスコンシン州の再生可能エネルギーのポートフォリオは、これから充実していく可能性がある。事業系発生源からの食品廃棄物には、埋立てに代わる処理方法がこれから出てくると思われる。生ごみの埋立処分を禁じる規制を設けることを、州が検討する可能性がある。

ミルウォーキー市では手始めに、2009 年 9 月 4 日付のプレスリリースで、ウイスコンシン州から課される埋立税の増額の影響を最小限に抑える取り組みの一環として、住民に対し「自宅のデスポーザーで食べ残しなどの生ごみを粉碎」するよう勧めた。2009 年 10 月 1 日付で、ミルウォーキーに課される廃棄物処理料は 35%増額され、その結果、市の予算に計上される費用が年間 200 万ドルほど増加する可能性がある。アウトポスト・ナチュラルフーズは店から出る固体廃棄物を近くの埋立地に運搬する契約を私的に結んでいるが、ミルウォーキー市によるこのプレスリリースでは、この報告書の中で論じてきたパイロットプロジェクト等の埋立回避策を検討しなければならない根拠を強調している。

付録 1: 検査結果

アウトポスト・ナチュラルフーズ 生ごみパイロットスタディ 検査結果 (mg/L)

キニクニックアヴェニュー店スラリー槽固形分

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Mo	Ni	Se	Zn	Hg	HEM	P	TKN	BOD	TSS	TS	COD	VOA	VOS	Alk
10/3/2008	<0.008	<0.0036	<0.0062	0.048	2.4	0.33	0.0046	0.019	<0.036	0.29	<0.0001	20	14	67	3,500	710	3,500	9,400		LA	240
11/14/2008	0.064	0.0065	0.023	0.12	6.4	<0.011	0.016	0.02	0.1	0.38	<0.0001	51	20	180	4,100	690	4,600	7,800	LA	LA	LA
12/18/2008	0.0089	<0.0036	<0.0062	0.09	3.6	<0.011	0.0094	0.011	<0.036	0.2	<0.0001	59	17	150	1,900	280	NA	4,300	2,100	1,800	NA
2/2/2009	<0.008	0.005	0.011	0.074	3.1	<0.011	<0.004	0.017	<0.036	0.23	<0.0001	28	12	76	3,100	420	3,600	5,300	LA	2,900	LA
3/26/2009														240	3,300	4,200	7,300				
5/29/2009														1.5	8,100	6,900	LA				
7/24/2009														380	8,100	5,500	7,000				
10/9/2009														320	6,700	7,800	9,600				
全体平均	0.018	<0.0036	0.009	0.083	3.88	0.083	0.008	0.017	<0.036	0.275	<0.0001	39.5	15.8	177	4,850	3,313	5,933	6,700	2,100	2,250	240
最も代表的な 試験の平均															6,550	6,100	7,967				

キニクニックアヴェニュー店スラリー槽汚水排出

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Mo	Ni	Se	Zn	Hg	HEM	P	TKN	BOD	TSS
10/3/2008	<0.008	<0.0036	<0.0062	0.038	4.6	0.6	0.0066	0.021	<0.036	0.23	<0.0001	10	11	67	3500	130
11/14/2008	0.054	<0.0036	<0.0062	0.017	6.3	<0.011	0.0049	0.01	0.045	0.082	<0.0001	3.9	7.9	25	3300	30
12/18/2008	<0.008	<0.0036	<0.0062	0.045	3.3	0.019	<0.004	0.011	<0.036	0.099	<0.0001	5.8	6.4	21	1300	55
1/27/2009	0.018	<0.0036	<0.0062	0.034	1.8	<0.011	<0.004	<0.0094	<0.036	0.082	<0.0001	1.6	6.4	29	1800	10
3/26/2009														41	2100	56
5/29/2009														56	<600	LA
7/24/2009														42	2500	170
10/9/2009														32	1300	110
平均	0.018	<0.0036	<0.0062	0.034	4.00	0.155	<0.004	0.011	<0.036	0.123	<0.0001	5.3	7.9	39	2,257	80

As=ヒ素
Cd=カドミウム
Cr=クロム
Cu=銅
Fe=鉄
Pb=鉛
Mo=モリブデン
Ni=ニッケル
Se=セレン
Zn=亜鉛
Hg=水銀
HEM=油・グリース(ヘキササン抽出)
P=リン
TKN=総ケルダール窒素
BOD=生物化学的酸素要求量
TSS=全浮遊物質
TS=蒸発残留物
COD=化学的酸素要求量
VOA=揮発性有機酸
VOS=揮発性有機硫黄化合物
Alk=アルカリ度
LA=実験室の事故
NA=未分析
NS=未開始

ステートストリート店衛生下水道排出(施設の総衛生流水と共に)

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Mo	Ni	Se	Zn	Hg	HEM	P	TKN	BOD	TSS
10/6/2008	0.012	<0.0036	0.0089	0.095	0.62	<0.011	<0.004	<0.0094	<0.036	0.16	<0.0001	11	9.8	31	<600	230
10/29/2008	<0.008	<0.0036	<0.0062	0.058	0.82	0.012	<0.004	<0.0094	<0.036	0.16	<0.0001	50	8.7	49	270	270
11/12/2008	<0.008	0.0098	0.013	0.068	0.81	0.045	<0.004	0.012	<0.036	0.19	<0.0001	77	7.6	57	480	350
11/24/2008	<0.008	<0.0036	0.0073	0.066	1.4	<0.011	<0.004	<0.0094	<0.036	0.15	<0.0001	60	8.2	43	520	470
12/3/2008	<0.008	<0.0036	0.0071	0.042	0.44	<0.011	<0.004	<0.0094	<0.036	0.087	<0.0001	43	2.3	16	210	180
1/9/2009	<0.008	<0.0036	<0.0062	0.059	<0.34	<0.011	0.0047	<0.0094	<0.036	0.034	<0.0001	14	2.8	4	200	40
2/1/2009	<0.008	<0.0036	0.028	0.076	1	0.013	0.006	0.013	<0.036	0.29	<0.0001	96	12	54	680	430
2/5/2009	<0.008	<0.0036	<0.0062	0.05	<0.34	<0.011	<0.004	0.012	<0.036	0.07	<0.0001	30	3.8	26	350	250
2/16/2009	<0.008	<0.0036	<0.0062	0.063	0.42	<0.011	0.0091	<0.0094	<0.036	0.089	<0.0001	44	3.3	22	330	180
3/4/2009	<0.008	<0.0036	<0.0062	0.044	0.44	<0.011	<0.004	<0.0094	<0.036	0.065	<0.0001	22	3.3	32	180	270
3/26/2009														44	<800	580
4/9/2009														63	970	690
4/28/2009														51	<500	570
5/12/2009														67	<500	120
5/21/2009														7.8	<600	LA
7/14/2009														68	1,100	630
7/27/2009														36	620	220
8/3/2009														13	<500	110
9/24/2009														89	1,400	320
平均	<0.008	<0.0036	0.0064	0.062	0.595	<0.011	<0.004	<0.0094	<0.036	0.130	<0.0001	44.7	6.2	41	562	328

付録 2: ライフサイクルコスト分析

タイプ A プロジェクト―「生ごみをエネルギーと堆肥へ」 ウェイトキャップ・リソース・ソリューションズ プロジェクトのライフサイクルコスト分析

アウトポスト・ナチュラルフーズにより埋立地に運搬された生ごみ

プロジェクト開始時

- 1) ダンプスターに入れられ週 4 回運搬される固体廃棄物(総量の 30%が生ごみ)
- 2) 事業系生ごみのバルク密度=910 ポンド/立法ヤード
- 3) 運搬される生ごみ量

アウトポスト・ナチュラルフーズ:

キニクニックアヴェニュー店:

$$32 \text{ 立法ヤード/週} \times 910 \text{ ポンド/立法ヤード} \times 1 \text{ トン/2000 ポンド} \times 0.3 \times 52 \text{ 週/年} = 227.1 \text{ トン(湿量)/年}$$

キャピトルドライブ店:

$$32 \text{ 立法ヤード/週} \times 910 \text{ ポンド/立法ヤード} \times 1 \text{ トン/2000 ポンド} \times 0.3 \times 52 \text{ 週/年} = 227.1 \text{ トン(湿量)/年}$$

ステートストリート店:

$$24 \text{ 立法ヤード/週} \times 910 \text{ ポンド/立法ヤード} \times 1 \text{ トン/2000 ポンド} \times 0.3 \times 52 \text{ 週/年} = 170.4 \text{ トン(湿量)/年}$$

計 624.6 トン(湿量)/年

4) 固体廃棄物運搬費用

アウトポスト・ナチュラルフーズ:

$$\text{キニクニックアヴェニュー店: } 325 \text{ ドル/月} \times 12 \text{ 月} = 4,500 \text{ ドル/年}$$

$$\text{キャピトルドライブ店: } 350 \text{ ドル/月} \times 12 \text{ 月} = 4,200 \text{ ドル/年}$$

$$\text{ステートストリート店: } 284 \text{ ドル/月} \times 12 \text{ 月} = 3,408 \text{ ドル/年}$$

計 12,108 ドル/年

プロジェクト終了時

- 1) キャピトルドライブ店―ダンプスターに入れられ週 4 回運搬される固体廃棄物(総量の 30%が生ごみ)
- 2) 事業系生ごみのバルク密度=910 ポンド/立法ヤード
- 3) キニクニックアヴェニュー店・ステートストリート店―運搬される生ごみが 85%減少(1 日当たりコンテナ 7 個分から 1 個分に減少)
- 4) 運搬される生ごみ量

アウトポスト・ナチュラルフーズ:

$$\text{キニクニックアヴェニュー店: } 227.1 \text{ トン/年} \times 0.15 = 34.1 \text{ トン(湿量)/年}$$

$$\text{キャピトルドライブ店: } 32 \text{ 立法ヤード/週} \times 910 \text{ ポンド/立法ヤード} \times 1 \text{ トン/2000 ポンド} \times 0.3 \times 52 \text{ 週/年} = 227.1 \text{ トン(湿量)/年}$$

$$\text{ステートストリート店: } 170.4 \text{ トン/年} \times 0.15 = 25.6 \text{ トン(湿量)/年}$$

計 286.8 トン(湿量)/年

5) 固体廃棄物運搬費用

アウトポスト・ナチュラルフーズ:

$$\text{キニクニックアヴェニュー店: } 32 \text{ ドル/運搬 1 回} \times \text{運搬 2 回/週} \times 52 \text{ 週/年} = 3,328 \text{ ドル/年}$$

$$\text{キャピトルドライブ店: } 23.75 \text{ ドル/運搬 1 回} \times \text{運搬 4 回/週} \times 52 \text{ 週/年} = 4,940 \text{ ドル/年}$$

$$\text{ステートストリート店: } 21 \text{ ドル/運搬 1 回} \times \text{運搬 3 回/週} \times 52 \text{ 週/年} = 3,276 \text{ ドル/年}$$

計 11,544 ドル/年

シナリオ 1: 固体廃棄物として処理(アウトポスト・ナチュラルフーズ キャピトルドライブ店から埋立地へ)

前提:

- 1) 固体廃棄物はアウトポスト・ナチュラルフーズ職員(15ドル/時間)により貯蔵され、廃棄物請負業者により運搬される。
- 2) 廃棄物の貯蔵に必要な作業時間=0.5 時間/日。

費用

$$\text{人件費: } \text{アウトポスト・ナチュラルフーズ: } 15 \text{ ドル/時間} \times 0.5 \text{ 時間/日} \times 365 \text{ 日/年} = 2,738 \text{ ドル/年}$$

$$\text{廃棄費用: } \text{運搬: } 23.75 \text{ ドル/運搬 1 回} \times \text{運搬 4 回/週} \times 52 \text{ 週/年} = 4,940 \text{ ドル/年}$$

$$\text{ウィスコンシン州廃棄物排出税: } 83.45 \text{ ドル/月} \times 12 \text{ 月/年} = 1,001 \text{ ドル/年}$$

総運営維持管理費 8,679 ドル/年

シナリオ 2: ディスポーザーから下水道へ(アウトポスト・ナチュラルフーズ ステートストリート店からミルウォーキー都市下水道局サウスショアへ)

前提:

- 1) アウトポスト・ナチュラルフーズの準備作業 0.75 時間/日 (無負荷のディスポーザー0.25 時間/日、全負荷のディスポーザー0.5 時間/日)
- 2) ディスポーザー(3 馬力)無負荷でドロー=1,000W、全負荷でドロー=3,000W
- 3) ディスポーザー パワードロー= $((1000W \times 0.25 \text{ 時間/日}) + (3000W \times 0.5 \text{ 時間/日})) \times 1 \text{ kW}/1000W = 1.8 \text{ kWh/日}$
- 4) ディスポーザー 水使用量=従量制 181 ガロン/日
- 5) ウォーワトサ 水道料=2.04 ドル/100 立法フィート $\times 100 \text{ 立法フィート}/748 \text{ ガロン} = 0.0027 \text{ ドル/ガロン}$
- 6) ウォーワトサ 下水処理料= 3.025 ドル/1000 ガロン
- 7) 固体廃棄物 生ごみ部分運搬コスト=固体廃棄物コスト $\times 30\%$ (生ごみ) $\times 85\%$ (減少)
- 8) ディスポーザーを通り下水道に廃棄された生ごみ=170.4 トン/年-25.6 トン/年= 144.8 トン(湿量)/年
- 9) 生ごみの 5%が下水道・砂岩除去で失われる、一次沈降 65%、生ごみは 95%揮発性。
- 10) 消化槽の揮発性固形分の減少は 60%、生ごみ 1 ポンド当たりガス 13 立法フィートが生成。

費用

資本費用:	ディスポーザー/作業台:	6,562 ドル	
	設置費用:	2,950 ドル	
	総資本費用:	9,512 ドル	
人件費:	アウトポスト・ナチュラルフーズ:	15 ドル/時間 $\times 0.75 \text{ 時間/日} \times 365 \text{ 日/年} =$	4,106 ドル/年
廃棄費用:	固体廃棄物:	3,276 ドル $\times 0.3 \times 0.15 =$	147 ドル/年
	ウィスコンシン州廃棄物排出税:	68.05 ドル/月 $\times 12 \text{ 月/年} =$	817 ドル/年
公共料金:	ディスポーザー:	電気: 1.8 kWh/日 $\times 0.09 \text{ ドル/kWh} \times 365 \text{ 日/年} =$	59 ドル/年
		水道: 0.0027 ドル/ガロン $\times 181 \text{ ガロン/日} \times 365 \text{ 日/年} =$	180 ドル/年
	下水:	処理: 3.0253 ドル/1,000 ガロン $\times 181 \text{ ガロン/日}/1000 \times 365 \text{ 日/年} =$	200 ドル/年
		総運営維持管理費	5,509 ドル/年

バイオガス:ミルウォーキー都市下水道局:

144.8 トン/年 $\times 0.95 \times 0.65 \times 0.95 \times 0.6 \times 2000 \text{ ポンド/トン} \times 13 \text{ 立法フィート ガス/ポンド} =$	1,325,108 立法フィート/年
1,325,108 立法フィート/年 $\times 600 \text{ BTU/立法フィート ガス} \times 1 \text{ サーム}/0.1M \text{ BTU} \times 0.70 \text{ ドル/サーム} =$	5,565 ドル/年

シナリオ 3: 液体スラリー処分(アウトポスト・ナチュラルフーズ キニキニックアヴェニュー店からミルウォーキー都市下水道局サウスショアへ)

前提:

- 1) アウトポスト・ナチュラルフーズの準備作業 0.75 時間/日 (無負荷のディスポーザー0.25 時間/日、全負荷のディスポーザー0.5 時間/日)
- 2) ディスポーザー(3 馬力)無負荷でドロー=1,000W、全負荷でドロー=3,000W
- 3) ディスポーザー パワードロー= $((1000W \times 0.25 \text{ 時間/日}) + (3000W \times 0.5 \text{ 時間/日})) \times 1 \text{ kW}/1000W = 1.8 \text{ kWh/日}$
- 4) ディスポーザー 水使用量=従量制 159 ガロン/日
- 5) ミルウォーキー 水道料=1.34 ドル/100 立法フィート $\times 100 \text{ 立法フィート}/748 \text{ ガロン} = 0.0018 \text{ ドル/ガロン}$
- 6) ヴェオリア・ウォーター下水処理料= 1.561 ドル/1000 ガロン
- 7) 固体廃棄物 生ごみ部分運搬コスト=固体廃棄物コスト $\times 30\%$ (生ごみ) $\times 85\%$ (減少)
- 8) ディスポーザーを通りスラリー槽に投入された生ごみ=227.1 トン/年-34.1 トン/年= 193.1 トン(湿量)/年
- 9) 請負業者(75ドル/時間[+15% 燃料追加料金]/運搬 1 回 8 週間毎)によるスラリー運搬= 345 ドル/運搬 1 回
- 10) ヴェオリア・ウォーター処理コスト=浄化槽 運搬廃棄物料金= 32.030 ドル/1000 ガロン
- 11) 生ごみの 98%が槽に留まり、分解はわずか。生ごみは 95%揮発性。
- 12) 消化槽の揮発性固形分の減少は 60%、生ごみ 1 ポンド当たりガス 13 立法フィートが生成。

シナリオ 3: 液体スラリー処分(アウトポスト・ナチュラルフーズ キニキニックアヴェニュー店からミルウォーキー都市下水道局サウスショアへ)―続き

費用			
資本費用:	スラリーシステム(すなわちディスポーザー、浄化槽、台、その他の設置)＝	29,840ドル	
	ディスポーザー、台、Aqua-Saver®水制御ユニット＝	5,403ドル	
		総資本費用:	35,243ドル
人件費:	アウトポスト・ナチュラルフーズ:	15ドル/時間 × 0.75 時間/日 × 365 日/年＝	4,106ドル/年
廃棄費用:	固体廃棄物:	3,328ドル × 0.3 × 0.15＝	150ドル/年
	ウィスコンシン州廃棄物排出税:	43.51ドル/月 × 12 月/年＝	522ドル/年
	スラリー:	345ドル/運搬 1 回 × 運搬 1 回/8 週 × 52 週/年＝	2,243ドル/年
公共料金:	ディスポーザー: 電気:	1.8 kWh/日 × 0.09ドル/kWh × 365 日/年＝	59ドル/年
	水道:	0.0018ドル/ガロン × 159 ガロン/日 × 365 日/年＝	104ドル/年
	ポンプ: 電気:	1 馬力 × 0.746 kW/馬力 × 0.09ドル/kWh × 0.75 時間/日 × 365＝	18ドル/年
	スラリー: 処理:	32.03ドル/1000 ガロン × 運搬 1 回/8 週 × 3500 ガロン/運搬 1 回 × 52＝	729ドル/年
	下水: 処理:	1.56091ドル/1,000 ガロン × 159 ガロン/日/1000 × 365 日/年＝	91ドル/年
		総運営維持管理費	8,021ドル/年
バイオガス:	ミルウォーキー都市下水道局:		
	193.1トン/年 × 0.98 × 0.95 × 0.6 × 2000 ポンド/トン × 13 立法フィート ガス/ポンド＝	2,804,008 立法フィート/年	
	2,804,008 立法フィート/年 × 600 BTU/立法フィート ガス × 1 サーム/0.1M BTU × 0.70ドル/サーム＝	11,777ドル/年	

アウトポスト・ナチュラルフーズ各店の生ごみ量

前提:

- 1) 10年のライフサイクル。
- 2) キニキニックアヴェニュー店では 2%/年、ステートストリート店では 1%/年、キャピトルドライブ店では 0.5%/年の生ごみ量増加。

年目	キニキニックアヴェニュー店	キャピトルドライブ店	ステートストリート店
	トン/年	トン/年	トン/年
1	227	227	170
2	232	228	172
3	236	229	174
4	241	231	176
5	246	232	177
6	251	233	179
7	256	234	181
8	261	235	183
9	266	236	184
10	271	238	186
計	2,487	2,323	1,782

アウトポスト・ナチュラルフーズ 生ごみ処理方法 現在価値コスト

年目	シナリオ 1		シナリオ 2		シナリオ 3	
	項目	コスト	項目	コスト	項目	コスト
1	運営維持管理費	\$8,679	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$5,509 (\$380) (\$5,565)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$8,021 (\$614) (\$11,777)
	計	\$8,679	計	\$6,080	計	\$8,942
2	運営維持管理費	\$8,939	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$5,675 (\$380) (\$5,732)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$8,262 (\$614) (\$12,130)
	計	\$8,939	計	\$6,245	計	\$9,183
3	運営維持管理費	\$9,207	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$5,845 (\$380) (\$5,904)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$8,510 (\$614) (\$12,494)
	計	\$9,207	計	\$6,416	計	\$9,431
4	運営維持管理費	\$9,484	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$6,020 (\$380) (\$6,082)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$8,765 (\$614) (\$12,869)
	計	\$9,484	計	\$6,591	計	\$9,686
5	運営維持管理費	\$9,768	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$6,201 (\$380) (\$6,264)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$9,028 (\$614) (\$13,255)
	計	\$9,768	計	\$6,772	計	\$9,949
6	運営維持管理費	\$10,061	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$6,387 (\$380) (\$6,452)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$9,299 (\$614) (\$13,653)
	計	\$10,061	計	\$6,958	計	\$10,220
7	運営維持管理費	\$10,363	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$6,579 (\$380) (\$6,645)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$9,578 (\$614) (\$14,062)
	計	\$10,363	計	\$7,149	計	\$10,499
8	運営維持管理費	\$10,674	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$6,776 (\$380) (\$6,845)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$9,865 (\$614) (\$14,484)
	計	\$10,674	計	\$7,347	計	\$10,786
9	運営維持管理費	\$10,994	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$6,979 (\$380) (\$7,050)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$10,161 (\$614) (\$14,919)
	計	\$10,994	計	\$7,550	計	\$11,082
10	運営維持管理費	\$11,324	資本費用	\$951	資本費用	\$1,535
			運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$7,189 (\$380) (\$7,262)	運営維持管理費 (減価償却による節税分) (バイオガス)	\$10,466 (\$614) (\$15,366)
	計	\$11,324	計	\$7,759	計	\$11,387

前提:

- 1) 資本は耐用年数 10 年(浄化槽のみ 30 年)にわたり減価償却される
- 2) 物価上昇率=3%/年
- 3) 税率=40%
- (すなわち、減価償却による節税分=減価償却される資本×0.4)

アウトポスト・ナチュラルフーズ 生ごみ処理方法 現在価値年間コスト比較									
年目	シナリオ 1			シナリオ 2			シナリオ 3		
	正味現在 価値 コスト	生ごみ トン/年	バイオガス ドル換算 価値	正味現在 価値 コスト	生ごみ トン/年	バイオガス ドル換算 価値	正味現在 価値 コスト	生ごみ トン/年	バイオガス ドル換算 価値
1	\$8,679	227	\$0	\$6,080	170	\$5,565	\$8,942	227	\$11,777
2	\$8,939	228	\$0	\$6,245	172	\$5,732	\$9,183	232	\$12,130
3	\$9,207	229	\$0	\$6,416	174	\$5,904	\$9,431	236	\$12,494
4	\$9,484	231	\$0	\$6,591	176	\$6,082	\$9,686	241	\$12,869
5	\$9,768	232	\$0	\$6,772	177	\$6,264	\$9,949	246	\$13,255
6	\$10,061	233	\$0	\$6,958	179	\$6,452	\$10,220	251	\$13,653
7	\$10,363	234	\$0	\$7,149	181	\$6,645	\$10,499	256	\$14,062
8	\$10,674	235	\$0	\$7,347	183	\$6,845	\$10,786	261	\$14,484
9	\$10,994	236	\$0	\$7,550	184	\$7,050	\$11,082	266	\$14,919
10	\$11,324	238	\$0	\$7,759	186	\$7,262	\$11,387	271	\$15,366
計	\$99,494	2,323	\$0	\$68,867	1,782	\$63,802	\$101,166	2,487	\$135,008
正味現在 価値/トン	\$42.83		\$0.00	\$38.64		\$35.80	\$40.68		\$54.28

付録 3: ライフサイクルコスト分析の概要

ウェイトキャップ・リソース・ソリューションズ・プロジェクトの概要 タイプ A プロジェクト-「生ごみをエネルギーと堆肥へ」											
ディスポーザーの 10 年ライフサイクルコスト比較											
バイオガスを含まず											
総量 (トン)	埋立て (トン)	埋立以外 (トン)	10 年正味現在 価値コスト (ドル)	10 年正味現 在価値コスト (ドル/トン)	資本費用 (ドル)	回収期間 (年)	温室効果ガス 1 (ポンド[CO2 換 算]/ポンド)	バイオガスを含む			
								総バイオガス (ドル)	総バイオ ガス (ドル/トン)	10 年正味 現在価値コスト (ドル/トン)	
シナリオ 1 (埋立地へ)	2,323.2	2,323.2	0.0	\$99,494	\$42.83	\$0	NA	1.69	\$0	\$0.00	\$42.83
シナリオ 2 (下水道へ)	1,782.3	267.3	1,514.9	\$68,867	\$38.64	\$9,512	1.3	0.02	\$63,802	\$35.80	\$2.84
シナリオ 3 (スラリー槽へ)	2,487.1	373.1	2,114.0	\$101,166	\$40.68	\$35,243	6.6	0.02	\$135,008	\$54.28	-\$13.61

1 Skubal, Nicole L. November 2008. "Evaluating Greenhouse Gas Emissions During Commercial Food Waste Disposal," Milwaukee School of Engineering Capstone Project

付録 4: キニニックアヴェニュー店スラリーシステム図

アウトポスト・ナチュラルフーズ
(Outpost Natural Foods)

2826 S. Kinnickinnic Avenue
Milwaukee, WI 53207

+1 (414) 755-3202

